

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 大 沢 和 敏

沖縄県では、農地開発など復帰後の経済発展に伴う開発諸行為に起因する赤土問題、すなわち、土壌資源の流亡、サンゴ礁への甚大な影響など、沖縄地方の生存基盤や自然生態を破壊する問題が深刻化している。サトウキビなどを中心とする営農地域を対象とした赤土流出を抑制するためには、圃場レベルから集水域までの土砂の侵食、運搬、堆積の実態の把握、予測、赤土流出の防止対策について検討する必要がある。しかし、農地における侵食とそれを含む集水域での土砂流出を同時にとらえた観測事例は非常に少なく、問題の大きさに鑑みて、実態把握が急務となっている。代表的な土壌流出予測モデルとして、米国でプロジェクト的に開発された USLE (Universal Soil Loss Equation) および WEPP (Water Erosion Prediction Project) が、我が国では部分的に適用されるか、いまだ適用されず、その評価は全く確立していない。従って、既往の2つのモデルを赤土流出の解析に適用し、モデルの評価を行った上で、予測モデルの新たな発展を試みる事が重要な課題である。

以下、各章の内容を概括する。

第1章では、序論を述べ、既往の研究をレビュー、目的、論文の構成を記載した。

第2章では、① 沖縄県恩納村の圃場での土壌侵食量、作物の生長、営農管理などの長期に渡る観測・調査、ならびに、梅雨期における複数の集水域における土壌侵食・運搬・堆積量の同時多点観測により、農業流域での土砂の動態を系統的に把握した。

② 観測時間を可能な限り短くとり取得した精度良いデータの解析から、赤土流出のメカニズムに関わる本質と防止対策に関わる重要な知見を実証的に得た。

圃場における侵食について

- ・ 圃場における侵食量は、被覆率が大きくなるほど侵食量は減少する。サトウキビの株出し栽培の方が春植え栽培よりも侵食量は小さかった。
 - ・ 耕起に伴い侵食量は大きく増大した。
 - ・ 流出した土砂は、雨滴侵食の割合が大きく、流水による土粒子の剥離の割合は小さい。
- 流域内における土砂流出について

- ・ 約2年間の浮遊土砂流出量の長期連続観測から、流域内における作物の生長や土地利用の変化に伴って浮遊土砂流出量の変動する実態を捉えた。
- ・ 沈砂池により、流出土砂量のピーク値の低下およびピーク部分の時間的遅れが確認した。
- ・ 浮遊土砂流出量と流量の関係は、べき乗の関数 (LQ 式) で回帰可能である。
- ・ 沈砂池における堆砂は、沈砂池および降雨イベントによって堆砂量や堆砂率が異なる。低下率は、小規模の沈砂池の方が大きかった。
- ・ 各集水域における浮遊土砂流出量は、土地利用、流下途中の沈砂池の構造およびその配置、そして降雨イベントによって異なる。

第3章では、取得したデータを用いて、最も適用頻度の高い USLE および日本への適用が行われていない WEPP を圃場スケールでの土壌侵食および流域スケールでの土砂流出へ適用し

て、両モデルの長所、短所、問題点を明らかにした。

① 圃場における年間侵食量の算定モデルである USLE を降雨イベント単位での適用を試みた結果、耕起直後を除いた大部分の降雨イベントにおいて、解析結果は観測された侵食量と非常に高い適合性が確認できたが、耕起による土壌の攪乱は反映しえなかった。USLE は流域では適用できない。

② WEPP を圃場へ適用した結果、全般的に侵食量の適合性が高いこと、大きな降水量が長く継続する場合に侵食量を過大評価することから、降雨・流出過程のモデル化に問題がある。また、WEPP は、集水流域毎に観測値と比較した結果、計算値は概ね一致しが、沈砂池における堆砂量の精度は低かった。日単位の解像度の解析が限界である。

降雨後、10 分程度のスケールで流量、土砂濃度のピークが生起する現象には、より小さな時間スケールで解析可能な時系列解析の物理モデルへの展開が不可欠である。

第4章では、第2、3章で得た知見をもとに、沖縄地方における赤土流出解析手法となり得る、浮遊土砂流出モデル（集中定数型モデル）と侵食—土砂流出モデル（分布定数型モデル）を提案、解析を行った。

① 浮遊土砂流出モデル

流域での降雨・浮遊土砂流出過程を2段タンク（上段は、直接流出、下段は基底流出）で表現し、また、浮遊土砂濃度と流量をLQ式でモデル化し、上段にて雨滴による土粒子の分散機構・土砂の貯留量を組み込むむなどタンク内における浮遊土粒子の量を調節する機構を新たに設けて解析した結果、適用期間を通して浮遊土砂濃度の経時変化をほぼ正確に再現できることを確認した。

② 侵食—土砂流出モデル

本モデルは、3つの基本過程（1）圃場における土壌侵食過程（2）水路での土砂輸送過程（3）沈砂池における土砂の沈降・輸送過程を組み合わせることで、流域での降雨・流出・土壌侵食・流出を解析するものである。土壌侵食過程では、圃場における作物の生長や土壌の変動はWEPPでの機構とパラメータを使用、また、沖縄地方を対象に、圃場において生産される土砂の粒径組成を考慮することによって、微細粒子まで含めた土砂流出を表現した。土砂輸送過程は、kinematic wave モデルを使用、新たに粒子法を導入して土砂流出量の経時変化まで表現可能なモデルとした。沈砂池における土砂の沈降では、ストークスの関係を用いた。解析モデルを対象流域全体に適用した結果、圃場での土壌侵食過程では、誤差の比較的大きい部分があったが、土砂動態の経時変化を的確に表すことができた。

以上のように、本論文は、圃場から流域までの赤土流出の実態を系統的に初めて明らかにした、高い精度のデータを用いてUSLE、WEPPなど既存の代表的モデルを沖縄の土壌侵食解析に適用し、両モデルを評価し、さらに、数分単位で解析可能な土砂動態物理モデルを新たに提案するなど、学術応用上寄与するところが大きい。よって、審査員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。